

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ
И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

S C I E N T I F I C M E E T I N G S

Book CLXXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 16

USE OF PESTICIDES IN PLANT PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Accepted at the VIII meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences
on February 22, 2019

E d i t o r s

Academicians

DRAGAN ŠKORIĆ

MARKO ANĐELKOVIĆ

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 16

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Примљено на VIII скупу Одељења хемијских и биолошких наука
од 22. фебруара 2019. године

Уредници
академици

ДРАГАН ШКОРИЋ
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2019

Издаје
Српска академија наука и уметности
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник
Никола Сивановић

Лектор и коректор
Тања Рончевић

Превод резимеа
Ауџори

Тираж 500 примерака

Штампа
Планета џринџ, Београд

© Српска академија наука и уметности 2019

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР
академик Драган Шкорић, председник
академик Марко Анђелковић
академик Драган Мицић
проф. др Драгана Божић
др Горан Малица
Вера Батина, секретар

САДРЖАЈ
CONTENTS

ПРЕДГОВОР	9
Васкрсија Јањић	
ИСТОРИЈАТ И ЗНАЧАЈ ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ	11
Vaskrsija Janjić	
HISTORY AND IMPORTANCE OF PESTICIDE APPLICATION IN THE PLANT PRODUCTION	32
Мирјана Лалошевић, Жељко Миловац, Горан Малица, Весна Жупунски, Стеван Маширевић, Радивоје Јевтић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У РАТАРСТВУ	33
Mirjana Lalošević, Željko Milovac, Goran Malidža, Vesna Župunski, Stevan Maširević, Radivoje Jevtić	
PESTICIDE USE IN FIELD CROPS	51
Емил Рекановић, Милош Степановић, Светлана Милијашевић Марчић, Ивана Поточник	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ПОВРТАРСТВУ	53
Emil Rekanović, Miloš Stepanović, Svetlana Milijašević Marčić, Ivana Potočnik	
PESTICIDE APPLICATION IN VEGETABLE PRODUCTION	69
Новица М. Милетић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ВОЋАРСТВУ	71
Novica M. Miletić	
APPLICATION OF PESTICIDES IN FRUIT GROWING	83
Мара Табаковић-Тошић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ШУМАРСТВУ	85
Mara Tabaković-Tošić	
THE APPLICATION OF PESTICIDES IN FORESTRY	96
Петар Кљajiћ, Горан Андрић, Маријана Пражић Голић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ЗАШТИТИ УСКЛАДИШТЕНИХ ПРОИЗВОДА	99
Petar Kljajić, Goran Andrić, Marijana Pražić Golić	
APPLICATION OF PESTICIDES IN STORED PRODUCT PROTECTION	118

Алекса Обрадовић	
ИНТЕГРАЛНА ЗАШТИТА БИЉА	
– ПРЕДУСЛОВ ОДРЖИВЕ ПРОИЗВОДЊЕ	119
Aleksa Obradović	
INTEGRATED PLANT PROTECTION	
– A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE PRODUCTION	130
Александар Седлар	
УРЕЂАЈИ ЗА ПРИМЕНУ ПЕСТИЦИДА	131
Aleksandar Sedlar	
CONDITIONING PESTICIDE APPLICATION	145
Ивана Теодоровић	
УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ	147
Ivana Teodorović	
ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES	160
Горан Малица, Васкрсија Јањић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ	161
Goran Malidža, Vaskrsija Janjić	
HERBICIDE-RESISTANT WEEDS	180
Милан Стевић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ	181
Milan Stević	
FUNGICIDE RESISTANCE	195
Дејан Марчић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ АРТРОПОДА НА ИНСЕКТИЦИДЕ И АКАРИЦИДЕ	197
Dejan Marčić	
ARTHROPOD RESISTANCE TO INSECTICIDES AND ACARICIDES	214
Петар Булат, Стефан Мандић-Рајчевић	
ЗДРАВСТВЕНИ РИЗИЦИ УСЛЕД ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА	217
Petar Bulat, Stefan Mandić-Rajčević	
HEALTH RISKS OF PESTICIDE USE	226
Драгица Бркић, Нешко Нешковић	
ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ СРЕДСТАВА	
ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	229
Dragica Brkić, Neško Nešković	
LEGISLATION ON PLANT PROTECTION PRODUCTS	251

Мирослав Ивановић	
ПОСТУПАЊЕ СА АМБАЛАЖНИМ ОТПАДОМ	
ОД СРЕДСТАВА ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	253
Miroslav Ivanović	
MANAGEMENT OF EMPTY CROP PROTECTION PRODUCT	
CONTAINERS	267
 Горан Алексић, Мира Старовић, Светлана Живковић, Слободан Кузмановић	
ЗНАЧАЈ ПРОГНОЗНО-ИЗВЕШТАЈНЕ СЛУЖБЕ	
У СУЗБИЈАЊУ ШТЕТНИХ ОРГАНИЗАМА У ПОЉОПРИВРЕДИ	269
Goran Aleksić, Mira Starović, Svetlana Živković, Slobodan Kuzmanović	
THE IMPORTANCE OF THE DISEASES FORECASTING SERVICE	
IN THE HARMFUL ORGANISMS CONTROL IN AGRICULTURE	285
 ИЗВОДИ ИЗ ДИСКУСИЈЕ	287
 ЗАКЉУЧЦИ	289
 КОМЕНТАР	295

ПРЕДГОВОР

Актуелност проблематике развоја пољопривреде, као једног од стратешких праваца привредног развоја Србије, чији је саставни део и биљна производња, па тиме и употреба пестицида, уз недвосмислена опредељења за очување и унапређење природне средине и очување биодиверзитета, представљали су основни мотив да Академијски одбор за село и Академијски одбор „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности организују 13–14. новембра 2018. године у Свечаној сали САНУ научно-стручни скуп под називом: „Коришћење пестицида у биљној производњи и заштита животне средине“.

Јавно мњење, здравствене организације и организације за заштиту животне средине, и у свету и код нас, већ дуго времена забрињава интензивна примена пестицида због њиховог утицаја на здравље људи (акутна и хронична токсичност, генотоксичност, мутагеност, оштећења нервног и имуног система), утицаја на животну средину (контаминација воде, земљишта и хране токсичним резидуима) и ефеката на биодиверзитет. Та забринутост расте са објективним спознавањем комплексности и мултидимензионалности проблематике везане за примену пестицида и заштите средине у најширем значењу те речи, као и здравља људи. Развијају се нове стратегије заштите биља, као што су истраживања у области биолошке контроле у ужем смислу, откривање и синтеза нових селективних и еколошки прихватљивих пестицида и генетичко инжињерство, а у домену заштите животне средине поставља се концептуални оквир, развоја методологија и моделовање у еколошкој процени ризика од пестицида.

Циљ овог скупа био је да обезбеди плодотворну размену компетентних мишљења о свим релеватним проблемима у оквиру тематике скупа, где је пружена прилика једном делу стручњака из одговарајућих дисциплина да изнесу своје респектабилно знање и искуства и предложи могуће правце развоја и решења актуелних проблема из ове области.

Током дводневног рада скупа саопштено је 16 научно-стручних радова. Комплексно су обрађени пестициди и њихово коришћење у позитивном смислу, као и дилеме и негативности које проузрокују за човека, биљке и животну средину, односно екосистем.

Скуп је почео детаљним историјским прегледом и значајем примене пестицида у биљној производњи; потом је детерминисана примена пестицида у ратарству, повртарству, воћарству и шумарству, а проблематика заштите ускладиштених производа је темељно обрађена, са акцентом на интегралној заштити биља, као предуслову одрживе производње. Значајан простор посвећен је уређајима за примену пестицида. Прецизно и методично је обрађена тема утицаја пестицида на животну средину, истакавши значај резистентности појединих корова на пестициде, резистентност гљива на фунгициде и резистентност артропода на инсектициде и акарициде. Значајан простор посвећен је здравственим ризицима по човека због погрешне примене пестицида. Изложена је и коментарисана законска регулатива у области заштите биља. Посебно је обрађена тема поступања са амбалажом средстава за заштиту биља.

На основу изложених реферата и публикованих радова евидентна је чињеница да наша земља поседује веома квалитетан научни и стручни кадар, способан да са успехом целовито решава проблематику везану за коришћење пестицида. Анализирајући све приказане радове, констатујемо да аутори успешно прате промене у производњи и примени пестицида, као и увођење пестицида са новим формулацијама који безбедније обезбеђују њихову примену у заштити људи, биљака, животиња и животне средине у целини.

Целовитим сагледавањем изнете проблематике, уз услов да се све предложено адекватно примени у пракси, у практичном коришћењу пестицида не би требало да буде већих проблема. Ово изискује перманентну обуку наших произвођача, посебно у области примене нових пестицида. Стога је важно да Зборник радова са овог скупа буде, директно или индиректно (преко стручњака), доступан сваком произвођачу. У овом трансферу знања посебно место припада стручњацима у пољопривредно-стручним службама, што уједно претпоставља њихову перманентну едукованост и информисаност о свим новинама у овој области.

Користимо ову прилику да се посебно захвалимо ауторима, учесницима скупа, на квалитетним радовима, а посебно на илустративним и сугестивним презентацијама и припремљеним радовима за публикување, чиме су омогућили да се успешно реализује циљ овог скупа – указивање на општа кретања у области пестицида и њихове адекватне и безбедне примене.

Академик Драган Шкорић,
председник Академијског одбора за село САНУ

Академик Марко Анђелковић,
председник Академијског одбора „Човек и животна средина“ САНУ

ЗДРАВСТВЕНИ РИЗИЦИ УСЛЕД ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА

ПЕТАР БУЛАТ^{*,**}, СТЕФАН МАНДИЋ-РАЈЧЕВИЋ^{***}

С а ж е т а к. – Пестициди представљају широку групу хемијских супстанци које се користе да униште или смање негативно дејство инсеката, гљива, нежељених биљака, као и глодара. Ове супстанце су у широкој употреби – од стамбеног простора, где се користе за борбу против комараца, до обала река, њива, али и болница и других јавних установа. Њихова употреба у модерној пољопривреди у порасту је последњих деценија, примарно због пораста броја становника, а самим тим и све веће потребе за храном, затим промене начина исхране, на пример становништва у Азији, али и због одређених климатских промена. Опште је познато и прихваћено да пестициди, у високим дозама, могу изазвати акутно тровање, које се манифестује тешком клиничком сликом, а може довести и до смрти. Међутим, и хронично излагање пестицидима може довести до појаве различитих обољења.

Циљ овог рада је да представи најзначајније здравствене ризике код људи који могу настати услед примене пестицида, као и да укаже на битне карактеристике неопходне за боље разумевање и превенцију ових ризика. Људи су изложени пестицидима на различите начине, а ова изложеност разликује се и по интензитету, трајању, типу супстанце, па и по самим карактеристикама субјеката који су изложени. Ефекти по здравље који се најчешће помињу у вези са изложеношћу пестицидима су лимфоми (Хоџкин и нон-Хоџкин), Паркинсонова болест, и поремећај функције ендокриног система. Поједини аутори довели су изложеност пестицидима и у везу са настајањем рака дојке, простате, као и тумора мозга. Верује се да је основни механизам токсичности већине пестицида оксидативни стрес, а који може изазвати и оштећења генетског материјала ћелија и на тај начин довести до појаве и развоја различитих ефеката.

Правилна употреба пестицида од стране обучених особа, уз поштовање принципа заштите на раду, као и заштите животне средине, једини је начин да се ризик по здравље, услед употребе ових токсичних супстанци, сведе на минимум.

Кључне речи: пољопривреда, хронична изложеност, малигна обољења, дијабетес мелитус, Паркинсонова болест

* Универзитет у Београду – Медицински факултет, Београд, petar.bulat@med.bg.ac.rs

** Институт за медицину рада Србије, Београд

*** Универзитет у Београду – Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета stefan@tmf.bg.ac.rs

УВОД

Модерна пољопривредна активност подразумева употребу различитих хемијских супстанци, а њихово заједничко име је агрохемикалије. У оквиру агрохемикалија, посебно место нашли су производи за заштиту биљака или пестициди. Њихова улога у борби против штетних организама који негативно утичу на усеве, стоку, храну, али могу бити и преносиоци различитих заразних болести, немерљива је. Због тога се улога пестицида протеже изван пољопривреде у област јавног здравља, али и у свакодневну употребу у домаћинствима.

Пестицид као производ најчешће садржи једну или више активних супстанци или активних састојака, као и друге састојке који могу имати пасивну или активну улогу у дејству пестицида. Велики број хемијских супстанци које су могле да се употребљавају као пестициди настао је између Првог и Другог светског рата. Пиретроиди су настали у једној лабораторији у Енглеској, дихлоро-дифенил-трихлороетан (ДДТ) је откривен у Швајцарској, а органофосфорни инсектициди у Немачкој [1].

Пре 200 година, на Земљи је живело око милијарду становника, 2000. године око 6 милијарди, док се за 2018. годину процењује да је тај број 7,6 милијарди. Највећи пораст становника виђен је, али и очекиван, у Подсахарској Африци и Азији. Поред раста броја становника, долази и до великих промена у начину исхране становника управо у најмногољуднијим државама као што су Кина и Индија где расте употреба меса и млека у исхрани, а стоочарство захтева огромну употребу природних ресурса и биљака. У Србији природни прираштај не утиче на повећану потребу за храном међутим, због извоза значајних количина хране и све чешће примене савремених агротехничких мера, потрошња пестицида у Србији из године у годину расте.

Постоји неколико класификација пестицида, а коришћење одређене класификације највише зависи од сврхе употребе. Велике групе пестицида, као што су органофосфати или карбамати, могу се класификовати и на основу циљног организма, механизма дејства, али и на основу токсичности. Тако и карбамати и органофосфати могу бити инсектициди, а карбамати могу бити и хербициди (циљни организам), а по механизму дејства представљају инхибиторе ацетилхолинестеразе, с тим што су органофосфати иреверзибилни инхибитори, а карбамати реверзибилни инхибитори ацетилхолинестеразе.

Светска здравствена организација предложила је 2004. године токсиколошку класификацију на основу акутне токсичности активних супстанци. Предложена класификација представљена је у табели 1.

Табела 1. Токсиколошка класификација пестицида из 2004. године

Класа	Пацов LD ₅₀ (mg/kg телесне тежине)			
	Орални пут		Дермални пут	
	Чврсто	Течно	Чврсто	Течно
Ia Изузетно токсично	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
Ib Високо токсично	5–50	20–200	10–100	40–400
II Умерено токсично	50–500	200–2000	100–1000	400–4000
III Мало токсично	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

Услед усвајања Глобалног хармонизованог система класификације хемикалија, дошло је и до унапређења класификације Светске здравствене организације. Нова класификација подразумева пет класа уз јасну изјаву о могућем ефекту (*hazard statement*), а представљена је у табели 2.

Табела 2. Нова токсиколошка класификација активних супстанци

Категорија	Критеријум			
	Орално		Дермално	
	LD ₅₀ (mg/kg телесне тежине)	Ефекат	LD ₅₀ (mg/kg елесне тежине)	Ефекат
Категорија 1	< 5	Смртоносно ако се прогута	< 50	Смртоносно у случају контакта са кожом
Категорија 2	5–50	Смртоносно ако се прогута	50–200	Смртоносно у случају контакта са кожом
Категорија 3	50–300	Токсично ако се прогута	200–1000	Токсично у случају контакта са кожом
Категорија 4	300–2000	Штетно ако се прогута	1000–2000	Штетно у случају контакта са кожом
Категорија 5	2000–5000	Може бити штетно ако се прогута	2000–5000	Може бити штетно у случају контакта са кожом

Процењује се да око 2 милијарде људи на свету живи у руралним пределима и бави се пољопривредом. Неопходно је истаћи да се најчешће ради о сиромашном становништву које има низак или никакав приступ здравственој заштити. Пестициди ретко када имају довољну специфичност дејства, па услед тога могу деловати штетно на човека и животну средину и тиме додатно погоршати већ угрожено здравље становника руралних предела [2].

СПЕЦИФИЧНОСТИ ИЗЛОЖЕНОСТИ ПЕСТИЦИДИМА

Током свог живота, људи на различите начине долазе у контакт са пестицидима. Ако одређена особа током свог рада има контакта са пестицидима, онда говоримо о професионалној изложености. Постоји неколико група радника изложених пестицидима: радници у производњи пестицида, затим радници који примењују пестициде, као и они који раде у пољу након примене пестицида. До професионалне изложености пестицидима у производњи активних супстанци и готових производа долази у хемијској индустрији. Радници који примењују пестициде најчешће припадају сектору пољопривреде, иако је примена честа и у јавном здрављу. Карактеристике, односно специфичности, професионалне изложености пестицидима примарно зависе од сектора у ком радници раде.

Радници у хемијској индустрији који учествују у производњи активних супстанци и припреми готових производа најчешће су изложени ограниченом броју активних супстанци које су заступљене у технолошким поступцима одређеног погона. Њихова изложеност је дуготрајна, повезана са сезоном примене пестицида, најчешће током целог радног дана, сваког радног дана, током радног века. До изложености најчешће долази путем ваздуха, па је пут изложености респираторни, а због контролисаних услова у производњи најчешће је ниво изложености константан. Очекује се да радници у хемијској индустрији поштују принципе безбедности и здравља на раду, као и да носе лична заштитна средства (маска са филтером, рукавице, радно одело).

Радници који примењују пестициде у пољопривреди или јавном здрављу изложени су великом броју активних супстанци, а активне супстанце се мењају из године у годину у зависности од потреба гајене културе и климатских услова. Изложени су током краћих временских периода када се примењују пестициди, а могу у исто време бити изложени и мешавини активних супстанци у случају да је таква мешавина потребна да би се заштитиле биљке. Нивои изложености су врло променљиви у зависности од временских прилика, конфигурације терена, начина примене, обучености и искуства. Током примене пестицида на отвореном простору кожа представља главни пут изложености, док је допринос респираторног пута занемарљив. И од радника у пољопривреди очекује се употреба личних заштитних средстава, као и поштовање принципа безбедности и здравља на раду.

Већ годинама се производе и пестициди за кућну употребу, а оваква употреба пестицида честа је у баштама, на кућним љубимцима, итд. Овај начин изложености карактерише мали број најчешће употребљаваних активних супстанци током кратких временских интервала. Најчешће се користе производи у спреју који су већ припремљени за брзу употребу, а ретка је употреба било какве заштите. У оваквим случајевима изложеност може бити и путем респираторног тракта и коже, а контаминација површина и/или љубимаца и каснији контакт са њима може повећати нивое изложености.

Становништво може бити изложено пестицидима на више начина, а најчешће је то услед близине месту где се пестициди примењују, или због остатака активних супстанци који се могу наћи у животној средини или пољопривредним производима који се конзумирају. Радници који нису директно укључени у примену пестицида, као и случајни пролазници или особе које живе близу места где се примењују пестициди, могу бити изложени истим активним супстанцама којима су изложени и професионалци који примењују пестициде. Изложеност становништва карактеришу нижи нивои активних супстанци и краткотрајна изложеност, али је могуће понављање у истим временским интервалима, када се пестициди примењују и на пољопривредном добру. Ниво изложености зависи и од временских услова током примене (највише од ветра), начина примене, као и поштовања добре пољопривредне праксе. У случају да се случајни пролазник налази низ ветар од места примене, најчешћи пут изложености је респираторни, а у случају контакта са третираним биљкама – кожа.

Општа популација која није у блиском контакту са пољопривредним активностима изложена је остацима (резидуе) пестицида у води и храни. У овој групи изложених најтеже је проценити нивое изложености због разлика у личним карактеристикама, исхрани, начину живота. Битно је истаћи да изложеност утицајима животне средине може трајати годинама (најчешће цео живот), простире се кроз све старосне доби, погађа оба пола, и људе различитог здравственог статуса. Најчешће се ради о мешавинама остатака пестицида у врло ниским дозама, а главни (једини) пут изложености јесте ингестија.

Од посебног интереса за процену и праћење ризика због изложености пестицидима јесу угрожене групе становништва: деца, жене у репродуктивном периоду, труднице, старо становништво и хронични болесници. Поменуто групе изложене су остацима пестицида из животне средине током целог свог животног века, али потребно је подвући да су жене, деца и стари који живе у руралним срединама често изложени и кроз животну средину, и као случајни пролазници, али су најчешће укључени и у рад у пољопривреди, тако да њихова изложеност превазилази нивое и учесталост која се виђа у општој популацији, и ближа је професионалној.

Здравствени ризици услед крајкокрајне изложености високим дозама

Пестициди своје дејство испољавају на биолошким системима, као што су билке, гљиве, инсекти и глодари. Имајући у виду њихову токсичност, они своје штетно дејство могу имати и на човека, а у зависности од нивоа изложености и трајања изложености поделили смо здравствене ризике на оне услед краткотрајне изложености високим дозама и дуготрајне изложености ниским дозама.

Акутно тровање пестицидима се јавља након краткотрајне изложености високој дози и праћено је појавом токсичних ефеката који се јављају током 48 сати од експозиције [3]. Постоје три основне групе (сценарија) акутног тровања пестицидима: намерна, случајна или задесна и професионална. Намерно акутно тровање настаје са циљем да се неке науди, или услед покушаја самоубиства тровањем. Случајно или задесно акутно тровање настаје најчешће због грешке у употреби, али су честа и тровања деце. До професионалног акутног тровања пестицидима може доћи у свим фазама производње, током примене, као и при паковању, транспорту или одлагању.

Према подацима из 1998. године, процењује се да у свету годишње има између 250 и 500 хиљада акутних тровања пестицидима, а број смртних случајева могао би бити између 3.000 и 30.000 годишње [4]. Међутим, према проценама Светске здравствене организације број случајева тровања пестицидима у свету далеко је виши, чак до три милиона акутних тровања, од којих је око 25% услед професионалне употребе, а око 200.000 људи годишње умре услед акутног тровања пестицидима. До већине акутних тровања долази у земљама у развоју, а ова чињеница се објашњава већим бројем професионалних акутних тровања, топлијом климом и мањом доступношћу личних заштитних средстава, коришћењем јефтинијих али токсичнијих активних супстанци и лошијим приступом здравственим услугама [5]. Пестициди се најчешће користе у циљу самоубиства у Азији и Африци, али се помињу и као најчешће средство за самоубиства и на свету, нарочито у руралним областима [6], [7].

Постоји велики глобални проблем у праћењу и пријављивању акутних тровања пестицидима. Реални подаци постоје само у малом броју земаља, а процене се раде на основу истраживања на малим узорцима. Чак и када се прикупе подаци, врло је компликовано упоредити их, издвојити обрасце и деловати превентивно.

Здравствени ризици услед дуготрајне изложености ниским дозама

Дуготрајна изложеност ниским дозама пестицида најчешћа је код радника (пољопривредника) који професионално примењују пестициде. Ову врсту изложености карактерише употреба великог броја активних супстанци током животног века, примена пестицида два до три пута месечно током сезоне, изложеност током целог радног времена (често и дуже од 8 сати).

Најекстремнији пример професионалне изложености пестицидима јесу радници који примењују пестициде за друге, тј. раде за предузећа која пружају услуге примене пестицида на пољопривредним добрима. Ови радници могу бити изложени различитим активним супстанцама сваки дан током сезоне. Дуготрајна изложеност малим дозама могућа је и у општој популацији, путем воде и хране.

Хронична изложеност пестицидима може се повезати са различитим последицама по здравље човека, а ми смо их у нашем прегледу поделили на ефекте у вези са раком и оне који нису у вези са раком.

Ефекти пестицида у вези са малим обољењима

Велики број студија спроведен је да би испитао везу између изложености пестицидима у пољопривреди и нон-Хоџкин лимфома. У овим студијама обрађено је преко 20 група пестицида и 80 активних супстанци. Од свих супстанци, фенокси хербициди, карбамати, оргонофосфорни инсектициди, линдан и оргонохлорна једињења повезана су са настанком овог лимфома. Ипак, постоји велики недостатак у географској распрострањености ових студија, јер углавном долазе из западних земаља, а скоро ни једна из земаља у развоју или земаља са ниским приходима [8].

Леукемија представља једно од најчешће дијагностикованих стања у вези са раком код деце широм света. Чак 30% малигних обољења код деце спада у леукемије [9]. Као узроци се најчешће помињу генетски фактори и високе дозе јонизујућег зрачења. Као један од потенцијалних узрока често се помиње изложеност родитеља пестицидима, иако студије до сада нису успеле да потврде ову везу. Мада још увек није са сигурношћу потврђено, епидемиолошке студије указују да изложеност деце пестицидима може имати значајније последице по децу него по одрасле [10].

Одређене групе пестицида могу деловати као хормони и на тај начин пореметити равнотежу у ендокрином систему човека. У последњих 20 година, око 50 студија испитивало је повезаност између изложености пестицидима и рака простате. Повезаност различитог степена пронађена је у 30 студија, што указује на могућ утицај изложености пестицидима на настанак рака простате [11].

Већ дуже време верује се да изложеност пестицидима може имати утицај на развој тумора мозга. Комбинацијом резултата 18 студија спроведених у последњих 35 година дошло се до 26% већег ризика код изложене деце, с тим што је значајнија веза уочена између глиома и изложености инсектицидима. Значајно је што се слично повећање ризика види у различитим сценаријима изложености, као и код пренаталне изложености деце, а посебно је подвучена веза између употребе инсектицида за третирање кућних љубимаца (буве, крпељи), што указује да је неопходно посветити посебну пажњу употреби пестицида у домаћинству [12].

Одређени број студија истраживао је повезаност између изложености пестицидима и хепатоцелуларног карцинома. Већина студија није показала повезаност између изложености пестицидима и рака јетре, а шест студија нашло је статистички значајну повезаност. Студије које су као меру изложености користиле упитнике или податке о радном месту нису показале конзистентне резултате. Органохлорни инсектициди, укључујући ДДТ, могу повећати ризик за настанак рака јетре [13].

Ефекти пестицида који нису у вези са малићним обољењима

Дијабетес мелитус тип 2 представља изузетно често обољење у нашој популацији, а верује се да је етиологија повезана са генетским факторима и факторима животне средине. Појединачне студије су показале да би један од фактора могао бити изложеност пестицидима. Анализа 22 студије које су процењивале повезаност између дијабетеса мелитуса тип 2 и изложености пестицидима показала је повишен ризик код највише изложених особа. Због тога се верује да постоје довољни докази да изложеност органохлорним пестицидима може утицати на развој дијабетеса мелитуса тип 2 [14].

Паркинсонова болест представља једно од најчешћих неуродегенеративних обољења. Досадашња истраживања довела су до хипотезе да одређени фактори животне средине играју значајну улогу у развоју ове болести. Пестициди, најчешће хербициди и инсектициди, повезују се са настанком Паркинсонове болести. Нажалост, откривање стварног утицаја пестицида отежава чињеница да су процењени нивои изложености код људи значајно нижи од нивоа који изазивају болест у експерименталним (животињским) моделима. Верује се да одређену улогу могу имати епизоде акутног тровања или спорадичне високе изложености, као и изложеност у детињству. Одговори на ова питања могли би се добити праћењем пацијената који су преживели акутно тровање, а неопходно је посебну пажњу посветити ситуацијама асимптоматске високе изложености пестицидима [15].

Постоји довољно доказа да пестициди могу утицати на имунски систем и довести до промена у његовом функционисању. Један од потенцијалних ефеката јесте имуносупресија којом се објашњава повећан број инфекција код професионално изложених радника, а верује се да су посебно угрожена деца због имунског система који се развија. Имуносупресија представља и један од могућих механизма настанка малигних обољења, јер је имунски систем одговоран за препознавање и уништавање ћелија рака, а учествује и у контроли напредовања ових обољења. Професионална изложеност пестицидима може бити узрок алергијског ринитиса и астме, а епидемиолошки докази указују и на учешће у патогенези аутоимунских обољења. Највећи проблеми постојећих студија јесу компликована процена нивоа изложености, изложеност великом броју активних супстанци и немогућност процене прогностичког значаја малих промена у активности имунског система у настанку поменутих обољења [16].

ЗАКЉУЧАК

Постоји велики број студија које су испитивале различите ефекте пестицида на здравље човека. Осим акутног тровања и изложености високим дозама пестицида, ограничен је број студија који је успео да докаже везу између изложености разним активним супстанцама које се користе у пољопривреди и здравствених ефеката. Ипак, научници се слажу да потенцијал за штетно дејство код хроничне изложености малим дозама постоји, а највећи проблем у испитивању ових ефеката представља процена нивоа изложености код учесника истраживања, као и изложеност различитим активним супстанцама током живота. Будуће студије требало би да развију бољу методологију за процену изложености пестицидима, поготово историјску изложеност, а потенцијално добар метод била би употреба биолошког мониторинга. До тада, праћење људи који су имали акутно тровање пестицидима, као и превенција изложености код радника у пољопривреди, деце, трудница, жена у репродуктивном периоду и старих особа може ограничити негативан утицај пестицида на здравље становништва.

Захвалница

Аутори се захваљују Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије који су подржали њихов рад кроз пројекте ТР 34009 и ОИ 175036.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Hassall, K. A. (1982): *The chemistry of pesticides. Their metabolism, mode of action and uses in crop protection.* The Macmillan Press Ltd.
- [2] Wilson, C. and Tisdell, C. (2001): "Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs," *Ecol. Econ.*, vol. 39, no. 3, pp. 449–462.
- [3] Thundiyil, J. G., Stober, J., Besbelli, N. and Pronczuk, J. (2008): "Acute pesticide poisoning: A proposed classification tool," *Bull. World Health Organ.*, vol. 86, no. 3, pp. 205–209.
- [4] Garcia, J. E. (1998): "Acute poisoning from pesticides: human and economic costs," *Rev. Panam. salud publica= Pan Am. J. public Heal.*, vol. 4, no. 6, pp. 383–387.
- [5] Litchfield, M. H. (2005): "Estimates of acute pesticide poisoning in agricultural workers in less developed countries," *Toxicol. Rev.*, vol. 24, no. 4, pp. 271–278.
- [6] Buckley, N. A., Karalliedde, L., Dawson, A. Senanayake, N. and Eddleston, M. (2004): "Where is the evidence for treatments used in pesticide poisoning? Is clinical toxicology fiddling while the developing world burns?" Taylor & Francis.
- [7] Bertolote, J. M., Fleischmann, A., Butchart, A. and Besbelli, N. (2006): "Suicide, suicide attempts and pesticides: a major hidden public health problem." *SciELO Public Health.*

- [8] Schinasi, L. and Leon, M. E. (2014): "Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 11, no. 4, pp. 4449–4527.
- [9] Hernández, A. F. and Menéndez, P. (2016): "Linking Pesticide Exposure with Pediatric Leukemia: Potential Underlying Mechanisms," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 17, no. 4, p. 461, Mar.
- [10] Chen, M., Chang, C.-H., Tao, L. and Lu, C. (2015): "Residential Exposure to Pesticide During Childhood and Childhood Cancers: A Meta-Analysis," *Pediatrics*, vol. 136, no. 4, pp. 719–29, Oct.
- [11] Silva, J. F. S., Mattos, I. E., Luz, L. L., Carmo, C. N., and Aydos, R. D. (2016): "Exposure to pesticides and prostate cancer: systematic review of the literature," *Rev. Environ. Health*, vol. 31, no. 3, pp. 311–27, Sep.
- [12] Van Maele-Fabry, G., Gamet-Payraastre, L. and Lison, D. (2017): "Residential exposure to pesticides as risk factor for childhood and young adult brain tumors: A systematic review and meta-analysis," *Environ. Int.*, vol. 106, pp. 69–90.
- [13] VoPham, T., Bertrand, K. A. Hart, J. E., Laden, F., Brooks, M. M., Yuan, J.-M., Talbott, E. O., Ruddell, D., Chang, C.-C.H. and Weissfeld, J. L. (2017): "Pesticide exposure and liver cancer: a review," *Cancer Causes Control*, vol. 28, no. 3, pp. 177–190.
- [14] Evangelou, E., Ntritsos, G., Chondrogiorgi, M., Kavvoura, F. K., Hernández, A. F., Ntzani, E. E. and Tzoulaki, I. (2016): "Exposure to pesticides and diabetes: A systematic review and meta-analysis," *Environ. Int.*, vol. 91, pp. 60–8, May.
- [15] Moretto, A. and Colosio, C. (2013): "The role of pesticide exposure in the genesis of Parkinson's disease: Epidemiological studies and experimental data," *Toxicology*, vol. 307, pp. 24–34, May.
- [16] Corsini, E., Sokooti, M., Galli, C. L., Moretto, A. and Colosio, C. (2013): "Pesticide induced immunotoxicity in humans: A comprehensive review of the existing evidence," *Toxicology*, vol. 307, pp. 123–135.

Petar Bulat, Stefan Mandić-Rajčević

HEALTH RISKS OF PESTICIDE USE

S u m m a r y

Pesticides are a wide group of chemical substances which are used to destroy or reduce the negative effects of insects, fungi, plants, as well as rodents. These substances are widely used – from agricultural fields to hospitals or even homes. Modern agriculture is difficult to imagine without pesticides, as the growing population, the increase in the use of meat in Asia and Africa, and climate changes, push for higher production of agricultural products. It is well known that exposure to high doses of pesticides can cause acute poisoning, and even result in death. On the other hand, even chronic exposure to low doses can have various

health effects. The aim of this paper is to present the most studied human health risks due to the use of pesticides, and to underline the important characteristics necessary for better understanding and preventing these effects.

Humans can be exposed to pesticides in various ways, and their exposure varies in the level, duration, type of active substance, as well as the characteristics of the exposed subject. Most common potential effects of pesticide exposure are lymphomas, Parkinson's disease, endocrine disruption, and immunotoxicity. Some authors have connected pesticide exposure with breast, prostate, and brain cancer. The main mechanism of toxicity of pesticides is believed to be oxidative stress, leading to the damage of genetic material in the cells and causing various effects.

Proper use of pesticides, following the principles of occupational health and safety, as well as environmental protection, is the only way to reduce the risk of adverse health effects of pesticides.

Key words: Agriculture, Long term exposure, Cancer, Diabetes mellites, Parkinson's disease